

DEMANDE D'ALLOCATION DE RECHERCHE DE L'ED SISEO
Année universitaire 2017-2018
SUJET DE THESE

<p>1. LABORATOIRE</p> <p>Nom ou sigle : LISTIC Statut : EA 3703</p>	<p>2. DIRECTION DE THÈSE</p> <p>Directeur de thèse : Reda Boukezzoula (Professeur) Codirecteur éventuel : Didier Coquin (Professeur)</p>
<p>Laboratoire partenaire ou collaborations éventuels :</p>	<p>Domaine de compétences de l'ED SISEO :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environnement <input type="checkbox"/> - Organisations <input type="checkbox"/> - Systèmes <input checked="" type="checkbox"/>
<p>3. SUJET DE THÈSE</p> <p>Titre : Approches possibilistes, graduelles et crédibilistes pour la fusion d'informations multi-sources. Application à un système d'aide à la décision pour des patients diabétiques insulino-dépendants.</p> <p>Title: Possibilistic, gradual and credible approaches to multi-source information fusion. Application to a decision support system for insulin-dependent diabetic patients.</p>	
<p>4. RESUME</p> <p>La fusion de données multi-sources est une méthodologie qui permet de combiner des informations provenant de plusieurs sources afin de construire une information plus pertinente et de meilleure qualité [6]. Toutefois, un certain nombre de problèmes rend la fusion de données difficile à réaliser. La majorité de ces problèmes découlent de la nature des données à fusionner (parfois subjectives), de leurs imperfections (imprécises et incertaines) et de la diversité des technologies des capteurs exploités pour capturer ces informations.</p> <p>Cette thèse portera sur une étude méthodologique et comparative des approches possibilistes, graduelles et crédibilistes [1]-[5] pour la conception d'un Système d'Aide à la Décision (SAD) <i>via</i> une stratégie de fusion d'informations. Le champ d'application privilégié s'insère dans une problématique liée au domaine médical et concerne plus particulièrement le développement d'un SAD pour des patients diabétiques insulino-dépendants. En fonction, des images (photos) prises par le patient de son repas (Aliments) à l'aide de son smartphone, le SAD sera capable d'estimer la quantité d'insuline nécessaire à injecter. Cette estimation est non seulement liée aux aliments extraits et à leurs quantités (informations imprécises), mais aussi liée au profil du patient, souvent incertain, en termes d'habitudes et comportements alimentaires (informations subjectives), aux objectifs thérapeutiques parfois contradictoires et à son historique médical (autres maladies, complications, âge...). Le questionnement sur le choix d'une représentation capable de manipuler et de combiner ces informations imprécises, incertaines, parfois subjectives et/ou ambiguës est central dans la problématique de cette thèse.</p> <p>Dans la littérature, des techniques et des méthodologies de fusion existent (approches ensemblistes et graduelles, théorie des possibilités, la théorie des fonctions de croyances, ...). L'objectif de cette thèse est alors d'étudier ces méthodes en analysant leurs avantages et/ou inconvénients pour proposer par la suite une vision mixte (« intervalliste » et graduelle) et innovante pour la conception du SAD. En ce qui concerne les outils d'aide pour les patients diabétiques insulino-dépendants, quelques méthodologies et applications ont été proposées dans la littérature, allant des journaux interactifs [7] à la surveillance du régime basé sur des capteurs placés sur le corps [8]. Toutefois, ces applications ne présentent pas une approche automatique pour l'estimation de l'insuline et n'intègrent pas le profil du patient et l'imperfection des données (imprécisions, incertitudes et conflits) dans leur mécanisme décisionnel [9][10].</p> <p>Dans cette thèse, une attention particulière sera portée sur des approches mixtes (possibilistes, graduelles et crédibilistes) [1]-[5] pour la combinaison, l'agrégation des informations ainsi que pour la prise de décision. Cette vision originale permet la proposition de méthodes de fusion et de SAD pertinents, capables de tirer profit de leur environnement imprécis et/ou incertain. Le développement d'un outil de validation des choix méthodologiques adoptés <i>via</i> une interface de démonstration (sur smartphone) sera également réalisé.</p>	

Abstract

Multi-source data fusion is a methodology that combines information from multiple sources to build more relevant and better information [6]. However, there are a number of issues that make it difficult to fuse data. The majority of these problems arise from the nature of the data to be fused (sometimes subjective), their imperfections (imprecise and uncertain) and the diversity of sensor technologies used to capture this information.

This thesis will focus on a methodological and comparative study of possibilistic, gradual and credible approaches [1]-[5] to the design of a Decision Support System (DSS) via an information fusion strategy. The privileged field of application is part of a problem related to the medical field and more particularly concerns the development of a DSS for insulin-dependent diabetic patients. From images (photos) taken by the patient from his meal (Food) using his smartphone, the DSS will be able to estimate the amount of insulin needed to inject. This estimation is not only related to the extracted foods and their quantities (imprecise information), but also linked to the patient's profile (often uncertain), in terms of eating habits and behavior (subjective information), sometimes contradictory therapeutic goals and his medical history (other diseases, complications, age, ...). The questioning of the choice of a representation capable of manipulating and combining these imprecise, uncertain, sometimes subjective and/or ambiguous information is central in the problematic of this thesis.

In the literature, some fusion techniques and methodologies exist (set-theoretic and gradual approaches, theory of possibilities, theory of belief functions, etc.). The objective of this thesis is to study these methods by analyzing their advantages and/or disadvantages to propose a mixed (« intervallist » and gradual) and innovative vision for the design of the DSS. With regard to assistive tools for insulin-dependent diabetic patients, a few methodologies and applications have been proposed in the literature, ranging from interactive diaries [7] to diet monitoring based on sensors placed on the body [8]. However, these applications do not present an automatic approach for insulin estimation and do not integrate the patient's profile and the imperfection of the data (imprecisions, uncertainties and conflicts) in their decision-making mechanism [9][10].

In this thesis, particular attention will be paid to mixed approaches (possibilistic, gradual and credible) [1]-[5] for the combination, aggregation of information as well as for decision-making. This original vision allows for the proposal of relevant fusion and DSS methods that can take advantage of their imprecise and/or uncertain environment. The development of a validation tool for the adopted methodological choices via a demonstration interface (on smartphone) will also be realized.

5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

I. Contexte

L'utilisation conjointe d'un ensemble de sources d'informations est le plus souvent la réponse adaptée aux besoins d'applications exigeants en matière de fiabilité, de robustesse, d'efficacité et de réactivité. La fusion d'informations vise l'association, la combinaison et l'intégration de multiples sources de données de nature différentes (symboliques, numériques, etc.) représentant des connaissances et des informations diverses dans le but de fournir une information globale plus fiable et plus complète. Les données fusionnées reflètent non seulement l'information générée par chaque source de données, mais encore l'information qui n'aurait pu être fournie par aucune des sources prises séparément [6]. La fusion d'informations imparfaites est au centre de cette de thèse. L'originalité méthodologique de ce travail se trouve dans sa capacité à appréhender le Système d'Aide à la Décision (SAD) à travers une vision intervalliste et graduelle [1][2] où les cas de données imprécises, incertaines, subjectives et ambiguës sont intégrés et manipulés dans un formalisme unique et cohérent.

Comme plateforme applicative pour implémenter nos méthodologies, nous avons choisi le développement d'un prototype SAD de démonstration pour l'estimation de la quantité d'insuline nécessaire pour les diabétiques insulino-dépendants (cf. figure 1). En effet, le nombre accru de patients diabétiques dans le monde entier, conjugués à leur incapacité éprouvée à évaluer leur alimentation et par voie de conséquence leur insulinothérapie (quantité d'insuline à injecter dans le corps), ont relevé le besoin de développer un SAD qui soutiendrait ces patients dans le suivi et le traitement de leur diabète, et plus précisément dans l'identification de la teneur glucidique de leurs repas et le dosage de leur insuline afin d'éviter des complications graves sur leur santé. Pour des raisons de disponibilité évidente, cette application doit être transportable et facile à utiliser. Dans ce cadre, le pouvoir de traitement croissant des appareils de téléphonie mobile, ainsi que les progrès récents réalisés en vision, permettront le développement d'une telle application sur smartphone.

II. Objectifs de la thèse

Les objectifs de ce travail de thèse résident dans des réponses pertinentes données aux quatre questions suivantes : Comment définir et représenter un aliment ? Comment reconnaître un aliment parmi d'autres ? Comment estimer la quantité d'insuline ? Et comment implémenter l'application ? Les réponses à ces quatre questions impliquent les quatre étapes suivantes (à réaliser pendant la thèse) :

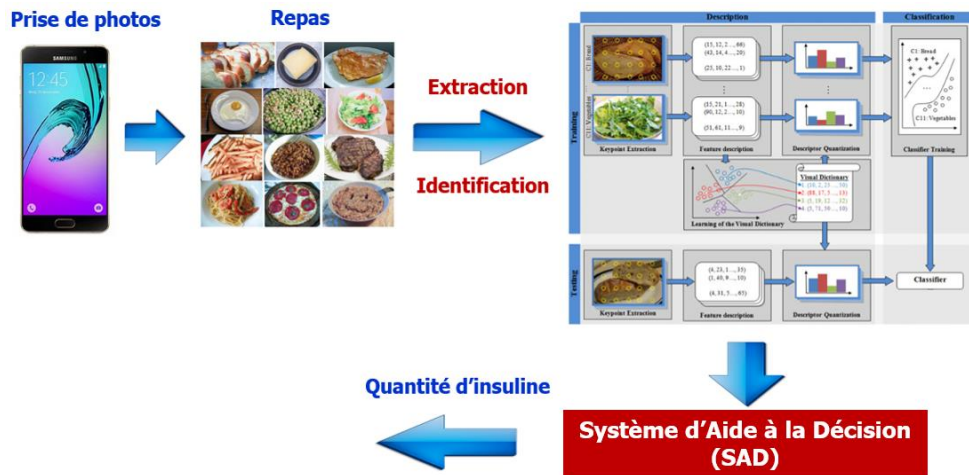


Figure 1.

- **Etape 1** : dans cette étape, une étude bibliographique approfondie sur les « Food Recognition Systems » [9] sera réalisée. Cette étude vise à déterminer et à choisir des descripteurs pertinents capables de représenter un aliment (Bag-of-features, Bag-of-Visual words (BoV), Histogram of Oriented Gradients patch, Fisher vector, deep learning, ...) [9][10]. Ces descripteurs seront considérés comme des sources d'informations multiples à fusionner (imprécises, incertaines et conflictuelles). Dans un premier temps, la validité de ces descripteurs sera évaluée sur une Base De Données (BDD) d'aliments d'apprentissage « Benchmark » disponible dans la littérature.
- **Etape 2** : à partir des sources d'informations multiples (extraites à partir d'un aliment), l'objectif est de proposer un système de fusion capable de reconnaître l'aliment en question (cf. figure 2)
Dans un premier temps une stratégie de matching avec la BDD d'apprentissage est opérée afin de déterminer les masses de croyance associées aux éléments les plus proches de l'aliment recherché (à base de forêts aléatoires et de k-NN). Par la suite, deux visions méthodologiques (possibiliste et crédibiliste) [1]-[5] seront développées (et comparées) pour la combinaison et la prise de décision finale (la reconnaissance de l'aliment). Ces deux visions seront mixées dans une approche intervalliste et graduelle. Enfin, une indexation calorique et glucidique sera réalisée sur l'aliment reconnu. Bien évidemment ce travail sera accompagné d'une recherche bibliographique importante sur les théories de l'imprécis et de l'incertain et leurs spécificités.

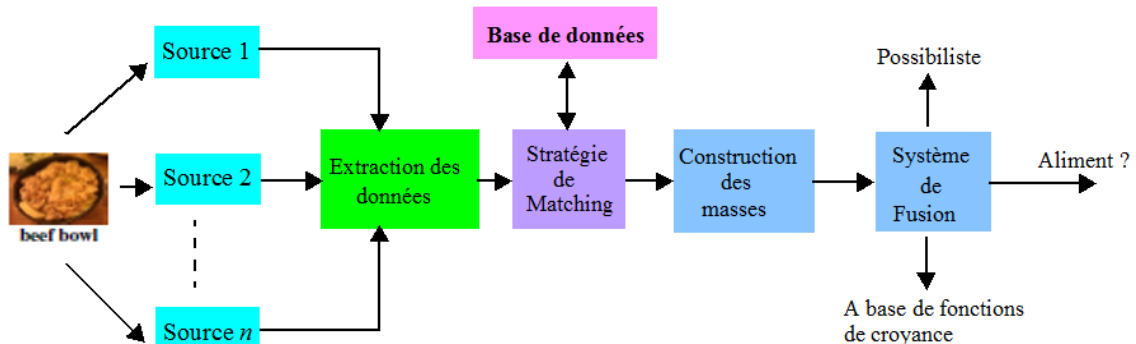


Figure 2.

- **Etape 3** : cette phase a pour objectif de proposer le SAD pour estimer la quantité d'insuline adéquate. En effet, à partir (cf. figure 3) de l'aliment reconnu et ses valeurs calorique et glucidique, du comportement alimentaire du patient, de ses objectifs thérapeutiques, de son âge et de ses maladies et complications (jeune, vieux, cardiaque, hypertendu, ...), une stratégie de fusion et de décision multicritères sera développée. Cette dernière sera basée sur l'exploitation des opérateurs d'agrégation dans un environnement imprécis et incertain et/ou l'utilisation des techniques régressives à base d'intervalles graduels.
- **Etape 4** : cette étape vise les objectifs suivants :
 - Validation de l'approche sur une base d'aliments « Benchmark ».
 - Comparaison des résultats obtenus avec d'autres approches disponibles dans la littérature.
 - Implémentation et validation en temps réel de l'approche via une application smartphone (prototype de

démonstration).

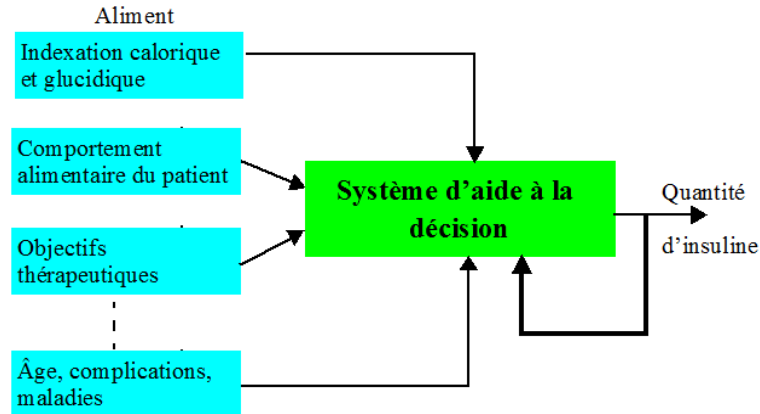


Figure 3.

Les méthodologies qui seront proposées dans ce travail de thèse se démarqueront des approches classiquement utilisées dans la littérature relative aux applications du « food Recognition systems » [7][8][9][10] par leur capacité à intégrer dans le SAD des informations imprécises, incertaines, ambiguës, subjectives et conflictuelles. Ces informations seront relatives aux aliments des repas, aux profils des patients et leurs objectifs thérapeutiques. En plus des innovations théoriques et méthodologiques qu'il est susceptible d'engendrer, ce travail est potentiellement porteur de retombées socio-économiques importantes : dans un cadre médical d'insulinothérapie, il peut représenter un intérêt majeur pour lutter contre l'obésité, véritable problème de santé publique (*via* l'interface d'indexation calorique et glucidique).

Bibliographie

- [1] Boukezzoula R., Galichet S. and Coquin D., From fuzzy regression to gradual regression: Interval-based analysis and extensions, *Information Sciences*, Vol.441, pp. 18-40, 2018.
- [2] Boukezzoula R., Galichet S., Foulloy L., Elmasry M., Extended gradual interval (EGI) arithmetic and its application to gradual weighted averages, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 257, pp. 67-84, 2014.
- [3] Aregui A. and Denoeux T., Constructing consonant belief functions from sample data using confidence sets of pignistic probabilities. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 49, no. 3, pp. 575–594, 2008.
- [4] Dubois D. and Prade H., Gradual elements in a fuzzy set, *Soft Computing*, N° 12, pp. 165-175, 2008.
- [5] Dubois D. and Prade H., *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*. Plenum Press, New York, 1988.
- [6] B. Khaleghi, A. Khamis, F.O. Karray, S.N. Razavi, *Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art*, *Information Fusion*, Vol. 14, N° 1, pp. 28-44, January 2013.
- [7] M. C. Rossi *et al.*, Diabetes interactive diary: A new telemedicine system enabling flexible diet and insulin therapy while improving quality of life: An open-label, international, multicenter, randomized study, *Diabetes Care*, vol. 33, no. 1, pp. 109–115, 2010.
- [8] O. Amft and G. Troster, Recognition of dietary activity events using on-body sensors, *Artif. Intell. Med.*, vol. 42, no. 2, pp. 121–136, 2008.
- [9] M.M. Anthimopoulos *et al.*, A Food Recognition System for Diabetic Patients Based on an Optimized Bag-of-Features Model, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 18, N° 4, pp. 1261-1271, 2014.
- [10] Y. Kawano, and K. Yanai, FoodCam: A Real-Time Mobile Food Recognition System Employing Fisher Vector, *Multimedia modeling International conference, MMM 2014, Part II, LNCS 8326*, pp. 369-373, 2014.

6. CANDIDAT RECHERCHE : Détailler en quelques lignes vos besoins et les qualités du candidat recherché...

Le candidat devra avoir des connaissances : en extraction de descripteurs et d'attributs en imagerie et/ou en méthodologies de fusion d'informations et un bon niveau de programmation.

**Ecole Doctorale « Sciences et Ingénierie des Systèmes, de
L'Environnement et des Organisations »**

DRED - 27 rue Marcoz - B.P. 1104
73011 Chambéry Cedex

7. FINANCEMENT DE LA THESE : *Le contrat doctoral fixe une rémunération principale, indexée sur l'évolution des rémunérations de la fonction publique : depuis le 1er février 2017, elle s'élève à **1768,55 euros bruts mensuels** pour une activité de recherche seule. Des heures d'enseignements peuvent être effectuées dans la limite de 64 heures équivalent TD par année universitaire **après autorisation du président de l'université** et rémunérées au taux fixé pour les travaux dirigés en vigueur. D'autres activités complémentaires au contrat doctoral sont prévues par l'article 5 du décret n° 2009-464 du 23 avril 2009 modifié. La durée totale des activités complémentaires aux activités de recherche confiées au doctorant dans le cadre du contrat doctoral ne peut excéder un sixième du temps de travail annuel.*

8. CONTACT :

Nom prénom : Professeur Reda Boukezzoula et Professeur Didier Coquin

Tél : 06.64.51.06.23 (Reda Boukezzoula), 04.50.06.65.46 (Didier Coquin)

Email : reda.boukezzoula@univ-smb.fr, didier.coquin@univ-smb.fr